

Título dos encontros	Redes de Neurônios Artificiais		Sequência: 04
Etapa/Ano	Ensino Médio: ☐ 1º Ano ☒ 2º Ano ☐ 3º Ano		
Nível de Maturidade [link]	Escola	☐ Emergente ☐ Básico ☒ Intermediário ☐ Avançado	Docente ☐ Básico ☒ Intermediário ☐ Avançado
Competências	☐ C1 ☒ C2 ☐ C3 ☒ C4 ☐ C5		
Objetos de Conhecimento	Classificadores, Dados, Neurônios Artificiais, Redes de Neurônios Artificiais, Sensores		
Recursos Educacionais	• Projetor • Quadro Branco • Marcadores ou canetas • Acesso ao laboratório de informática com conexão com a internet		
Componentes Curriculares Relacionados	☐ Arte ☐ Língua Port. ☐ Ed. Física	☐ Geografia ☐ História ☒ Matemática	☐ Língua Inglesa ☒ Ciências ☒ Computação
Palavras-chave	Classificação, Dados, Redes Neurais Artificiais, Conexão e treinamento		
Perguntas Importantes	• Como uma rede neural aumenta a capacidade de um neurônio? • O que uma rede neural pode modelar? • Como podemos configurar uma rede neural para que ela tenha uma aplicação específica para nós?		
Encontros	2	Total de Horas-aula	4
Objetivos	• Conhecer os componentes de uma rede neural ◦ Como ela é dividida em camadas. • Explorar como uma rede neural pode ser configurada para uma tarefa, usando um algoritmo chamado backpropagation. • Experimentar como os neurônios em uma camada oculta alteram a capacidade de representação de uma rede neural. • Pesquisar diferentes aplicações da vida real de redes neurais.		
Habilidades Relacionadas	BNCC: (EM13MAT501) Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 1o grau. (EM13MAT502) Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização,		

	reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 2o grau do tipo $y = ax^2$. (EM13MAT302) Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1o ou 2o graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais. (EM13MAT510) Investigar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas, usando ou não tecnologias da informação, e, quando apropriado, levar em conta a variação e utilizar uma reta para descrever a relação observada BNCC Computação: (EM13CO05) Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. (EM13CO10) Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. Referencial Curricular IA no EM: (EM01IA02) Compreender como a IA realiza o reconhecimento de padrões (EM01IA06) Compreender como o uso de bases de dados e dicionários permite a criação de Sistemas Preditivos (EM01IA08) Compreender que a IA pode operar com estruturas de representação múltiplas para o reconhecimento de objetos e construção de conceitos (EM02IA01) Distinguir tipos de Inteligência Artificial a partir de suas estruturas e de seu modo de aprendizado (EM02IA04) Saber treinar um sistema de IA
Práticas Pedagógicas Inovadoras	☒ Aula Enriquecida com Tecnologia ☐ Ensino Híbrido: Sala de aula invertida ☐ Ensino Híbrido: rotação por estação ☐ Ensino Híbrido: rotação individual ☐ Aulas Mão na massa ☐ Aprendizagem baseada em projetos

Sequência Didática - Encontro 1

Motivação: Compreender como redes neurais simples funcionam, e aplicar o algoritmo de backpropagation para treiná-las.

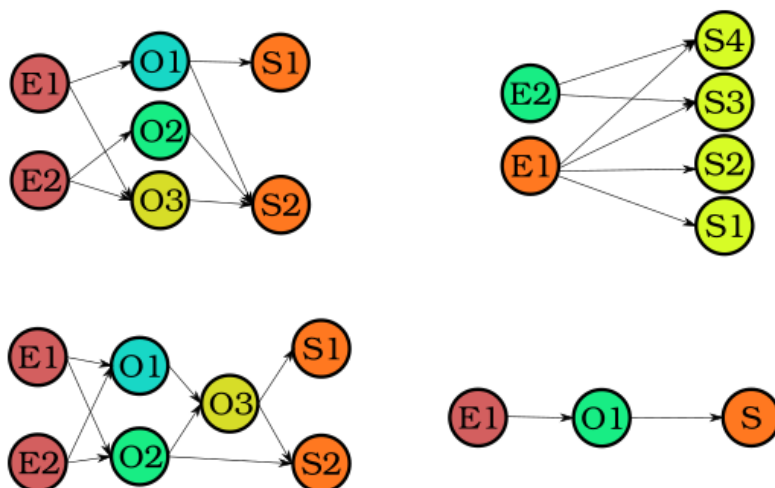
Pré-requisitos: O conteúdo depende de um bom entendimento da estrutura básica do neurônio artificial, visto na aula anterior, especialmente do teorema de aproximação universal.

Introdução: Nesta aula, vamos investigar como podemos usar conexões entre neurônios não apenas para modelar diferentes funções, mas como vamos vários tipos diferentes de

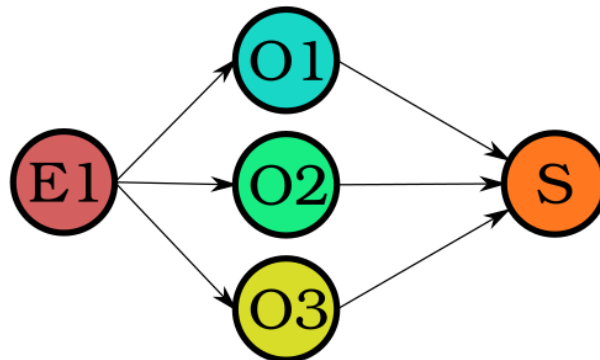
Explicação Inicial: “Na última aula, vimos o que são neurônios artificiais e como podemos uni-los para criar modelos de diferentes funções. Vimos que um neurônio pode fazer um modelo de um fenômeno físico, mas que ele depende de um conjunto de dados que representem corretamente o fenômeno e uma quantidade de neurônios que sejam capazes de recriar a função que melhor representa o modelo. Hoje, vamos estudar como fazer as ligações entre neurônios, e como essas funções podem resultar em classificadores e preditores”.

Redes de Neurônios e Backpropagation: Vimos como podemos “configurar” um neurônio ajustando os pesos de suas entradas e o seu bias até termos uma resposta satisfatória de acordo com o nosso objetivo. Nosso processo é heurístico, podemos ajustar individualmente os valores do neurônio (bias e entradas) para cima ou para baixo, analisando o resultado por meio da função de perdas. Mas o que acontece quando temos uma rede de neurônios?

Quando vários neurônios são conectados, temos uma rede neural, e chamamos essas áreas de camadas, a camada de entrada (E), que recebe os dados do mundo externo, e a camada de saída (S), que envia os dados para o mesmo mundo externo. Entre as duas, podemos ter camadas intermediárias, chamadas de camadas ocultas (O). As ligações e a conexão com os neurônios depende do projeto da rede.



Na última aula, quando vimos o teorema de aproximação universal, falamos de construir uma função utilizando três neurônios interligados, se fôssemos visualizar como eles seriam, teríamos o seguinte esquema:



Neste esquema, temos um neurônio de entrada, que dá o nosso valor, ligado a três neurônios de uma “camada oculta” cada um com as funções vistas na última aula, por sua vez ligados a um neurônio de saída, que faz a soma dos três.

Essas redes ganham a capacidade de desenhar funções bastante complexas, podendo mapear entradas e saídas. A rede pode aprender relações diretas entre dados ou símbolos, que serão generalizadas (pois interpolamos uma função aos dados), criando um “conhecimento de máquina”.

A configuração de uma rede neural depende inteiramente do modelo que queremos criar, mas, geralmente, ela deve ter um número de entradas e saídas de acordo com a quantidade de dados que queremos mapear. Fica uma questão: Como configurar uma rede neural inteira, a partir do erro de sua saída?

Definição: Aprendizagem supervisionada e backpropagation

Nós podemos usar a mesma técnica utilizada com um neurônio, calcular a sua perda. Dessa vez, nós passamos a perda de trás para a frente, por dentro da rede neural, isso é chamado de backpropagation. Esse algoritmo normalmente é aplicado na chamada aprendizagem supervisionada, quando há um conjunto de treinamento preparado, um grupo de entradas e suas saídas esperadas pela rede. O treinamento ocorre da seguinte forma:

- Aplicamos uma entrada à rede neural e observamos a saída. Caso ela não esteja adequada, caso os neurônios de saída não apresentem os resultados esperados, aplicamos o backpropagation.
 - Comece calculando a perda para a entrada, em seguida ela deve ser propagada de trás para a frente pela rede neural, por cada uma das camadas, encontrando a contribuição de cada conexão do neurônio com a perda.
 - Isso requer cálculos extensivos multiplicando o erro pelos pesos de cada neurônio e pela derivada da função de ativação no ponto.
 - Após esses cálculos, vamos ter um vetor que indica todas as contribuições de cada conexão para o erro final. Mudamos os valores de acordo com uma taxa de aprendizado, uma sensibilidade geral definida pelos projetistas
 - Notadamente, essa técnica é extremamente custosa, exigindo muitos cálculos.

- O processo é repetido várias vezes até a perda ser reduzida a um nível satisfatório.

Atividade: Jogo de Redes Neurais

O jogo de redes neurais está no material complementar e pode ser jogado individualmente pelos estudantes. Ele simula uma rede neural bastante simples, com duas entradas e quatro saídas, representando a capacidade de decodificar números binários. No jogo, os estudantes devem aplicar um algoritmo de backpropagation, mas numa versão simplificada, que não exige muitos cálculos.

Reflexão: Redes neurais são uma ordem de complexidade maior do que os neurônios artificiais, ganhando a capacidade de modelar funções complexas a partir de dados. Isso gera um modelo com capacidades que vão além daquelas no seu treinamento original. Alguns alunos puderam observar isso no jogo, vendo que não precisaram apresentar todos os casos possíveis para a rede neural aprender os dígitos binários.

Avaliação	- Participação em sala de aula das atividades propostas
Material Complementar	VICARI, Rosa Maria; BRACKMANN, Christian; MIZUSAKI, Lucas; GALAFASSI, Cristiano. Inteligência Artificial na Educação Básica. 1. ed. São Paulo, SP: Novatec Editora, 2023. Disponível em: https://novatec.com.br/livros/inteligencia-artificial-na-educacao-basica/ .

Sequência Didática - Encontro 2

Motivação: Aplicar uma rede neural

Introdução:

Explicação Inicial: “Na última aula, vimos que uma rede neural é formada por vários elementos, além da rede, com os seus neurônios artificiais, ela também precisa de um Algoritmo de Treinamento, além de Dados de Treinamento. Na aula de hoje, vamos ver o quão específicas são as redes neurais, que tipo de tarefas elas podem realizar e vamos observar o seu funcionamento a partir de uma perspectiva geral.”

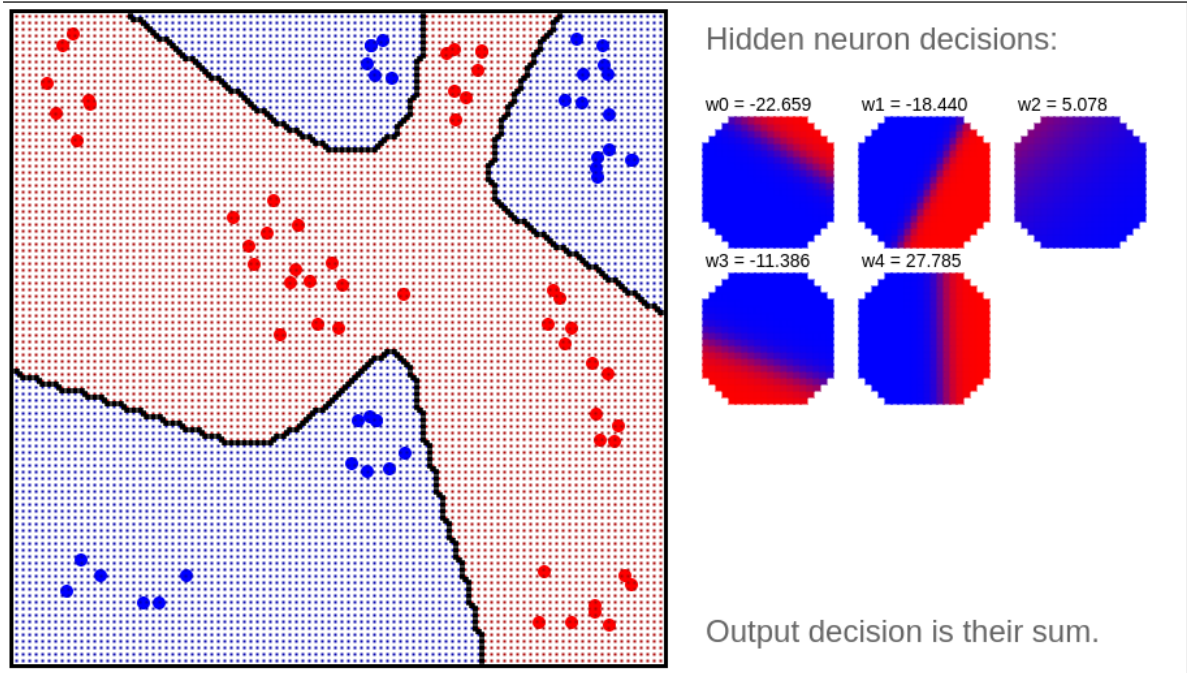
Atividade: Neurônios como classificadores

Nesta atividade, vamos usar um simulador de redes neurais, disponível no link:

- <https://www.ccom.ucsd.edu/~cdeotte/programs/neuralnetwork.html>

O seu funcionamento é simples, há um canva no qual podemos clicar com o botão direito do mouse para inserir pontos vermelhos e com o botão esquerdo para inserir pontos azuis. Quando clicamos em START Learning, a rede neural começa a ser treinada para tentar criar classificações,

desenhando áreas vermelhas onde estão os pontos vermelhos e azuis onde estão os outros pontos.



Enquanto a rede é treinada, podemos ir adicionando novos pontos. Há também o botão Reset learn, que faz com que a rede neural esqueça o que aprendeu até o momento e o botão Clear points que limpa o canva. Há também o parâmetro H, que adiciona neurônios à rede oculta, podendo ser de um neurônio a nove, e uma anotação sobre as *training epochs*, o número de passadas de backpropagation pela rede.

Que tal tentarmos realizar algumas tarefas nesse simulador? Primeiro, diga para os alunos colocarem o parâmetro H em 1. Em seguida, eles devem ajustar os parâmetros e colocar dados de entrada para desenhar, com a fronteira entre vermelho e azul:

- Uma reta
- Uma função exponencial
- Uma curva sigmoide
- Um conjunto de três áreas azuis, separadas por uma área vermelha
- Uma área dividida em quatro zonas, duas vermelhas e duas azuis.

Agora, vamos fazer algumas experimentações com a rede:

- Começando com H em 1, crie uma reta simples. Agora, adicione poluição de um dos lados, coloque pontos azuis do lado vermelho e vice-versa. Você verá que nem sempre a reta vai ser alterada, ou que, algumas vezes, a rede perderá a capacidade de classificar os dados. Por que isso ocorre?
- Qual a classificação mais complexa (com maior número de divisões) que os alunos conseguem fazer?
- O que acontece quando usam essa mesma disposição de botões, mas agora com apenas um neurônio oculto?

Com os experimentos, vamos ver que:

1. Quanto mais neurônios na camada oculta, mais complexa é a classificação que pode ser feita, mas maior será o número de cálculos necessários para fazer a rede funcionar.
2. Redes têm uma capacidade de aprender dependendo de suas redes internas e de seus estados anteriores, algumas vezes é necessário reiniciar o treinamento do zero.
3. Uma vez treinada a rede, clicando no botão STOP training temos uma classificação pronta. Os pontos que passamos são o conjunto de treinamento, e esperamos que novos pontos caiam nas áreas determinadas.
4. O maior poder de uma rede neural é sua capacidade de trabalhar com dados limitados, não exigindo todos os dados possíveis do fenômeno. Ela “completa” os buracos nos dados.
5. Algumas vezes, a rede não vai mais aprender, ficando com uma solução inadequada. Escolher um conjunto de treinamento é essencial para fazê-la funcionar.

Reflexão: Este modelo é um classificador em apenas duas categorias, mas podemos imaginar que basta adicionar neurônios em uma camada de saída para aumentar a quantidade de categorias que ele pode classificar. Se olharmos os caminhos das conexões dos neurônios artificiais, vamos ver que cada uma delas é capaz de modelar um espaço. De forma abstrata, isso pode ser

- Mapear dados de entrada e saída, por exemplo, números binários com números decimais.
- Criar um sistema de reconhecimento, de letras, imagens, até mesmo de textos, cada
 - A representação de um dado pode ser simbólica (e.g. palavras inteiras), ou sub-simbólica (com dados que não necessariamente representam informações).
- Modelar equações de modelos, por exemplo, a relação de uma concentração de remédio no sangue de uma pessoa com o aumento de pressão. Isso permite criar previsões, olhar para além do conjunto de dados iniciais.
- Relacionar grandezas, incluindo frequência, criando correlações novas.
- Recomendar dados similares, em uma mesma classificação.

Redes neurais possuem aplicações específicas, um treinamento em reconhecimento de dígitos não é válido para o treinamento de recomendação de conteúdos educacionais. Chamamos essa área de aplicação de domínio.

Atividade: O que redes neurais podem representar?

A atividade final é pedir para que os estudantes pesquisem sobre aplicações possíveis de redes neurais, demonstrando tanto programas e tecnologias nas quais elas já são usadas, quanto com pesquisas de aplicações possíveis. Dê um tempo para os estudantes criarem apresentações pequenas, nas quais mostram uma aplicação e comentam sobre como pode ser o funcionamento da rede neural subjacente. Veja se conseguem detalhar os aspectos:

- Treinamento
- Tamanho da rede
- Dados de entrada
- Dados de saída

AVISO: Talvez alguns alunos encontraram termos como Deep Neural Networks (Redes neurais profundas) ou Recurrent Neural Networks (Redes Neurais recorrentes). Na nossa próxima aula de redes neurais vamos adentrar em outros estilos de redes neurais.

Avaliação	- Participação nas atividades - Apresentação dos trabalhos - Observe como os estudantes relacionam os conceitos experimentados na atividade, isso será um indicador de apropriação da turma do conteúdo.
Material Complementar	VICARI, Rosa Maria; BRACKMANN, Christian; MIZUSAKI, Lucas; GALAFASSI, Cristiano. Inteligência Artificial na Educação Básica. 1. ed. São Paulo, SP: Novatec Editora, 2023. Disponível em: https://novatec.com.br/livros/inteligencia-artificial-na-educacao-basica/ https://www.ccom.ucsd.edu/~cdeotte/programs/neuralnetwork.html